

12 AUG 2004

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
28 août 2003 (28.08.2003)

PCT

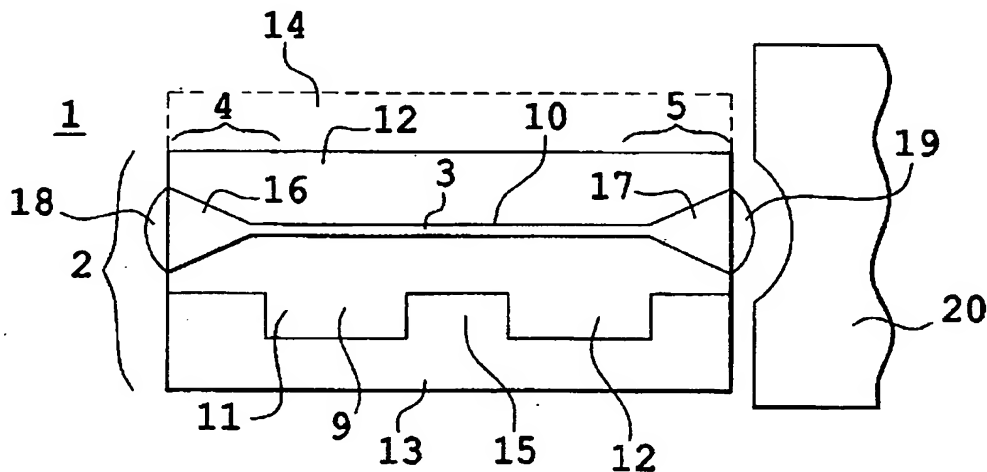
(10) Numéro de publication internationale
WO 03/071323 A2

- (51) Classification internationale des brevets⁷ : G02B 6/12
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/EP03/50023
- (22) Date de dépôt international : 19 février 2003 (19.02.2003)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité : 0202249 21 février 2002 (21.02.2002) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : FCI [FR/FR]; 53, rue de Châteaudun, F-75009 PARIS (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : FLERS, Alain [FR/FR]; 1, rue de Louth, F-72400 LA FERTE BERNARD (FR). YABRE, Gnitabouré [FR/FR]; 7, rue Cochardière, F-72100 LE MANS (FR). ROSINSKI, Bogdan [FR/FR]; 19bis, rue du Bot, F-29200 BREST (FR).
- (74) Mandataire : SCHMIT, Christian, Norbert, Marie; Cabinet Christian SCHMIT et Associés, 8, place du Ponceau, F-95000 CERGY (FR).
- (81) États désignés (national) : CA, US.
- (84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: OPTICAL INTERCONNECT MODULE, AND FERRULE COMPRISING SAME

(54) Titre : MODULE D'INTERCONNEXION OPTIQUE, ET FERRULE COMPORTANT UN TEL MODULE



(57) Abstract: To produce an optical interconnect, either between two optical fibers, or between an optical fiber and an optoelectronic conversion circuit, a module comprising a body (2) wherein are overmoulded optical fiber sections (3) is provided. The overmoulding enables to simplify industrial production and provide the optical fiber sections with shapes, in particular end flares (16, 17) and/or lenses (18, 19) enabling useful refocusing of the light rays transported by said optical fibers.

(57) Abrégé : Pour réaliser une interconnexion optique, soit de deux fibres optiques entre elles, soit d'une fibre optique avec un circuit optoélectronique de conversion, on prévoit un module muni d'un corps (2) dans lequel sont surmoulés des tronçons (3) de fibres optiques. Le surmoulage permet d'une part une simplification de la fabrication industrielle et permet d'autre part d'adopter pour les tronçons de fibres optiques des formes, notamment des évasements (16, 17) et ou des lentilles (18, 19) permettant une refocalisation utile des rayons lumineux transportés par ces fibres optiques.

WO 03/071323 A2



Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Module d'interconnexion optique, et férule comportant un tel module

La présente invention a pour objet un module d'interconnexion optique et une férule comportant un tel module, du type de celle utilisé dans le domaine des transmissions par fibres optique, notamment mais pas seulement pour raccorder une extrémité d'une fibre optique à un circuit électronique de détection ou d'émission de rayons lumineux.

Une fibre optique est utilisée essentiellement comme moyen de transport d'informations, sous la forme de signaux lumineux, normalement numérisés. Ce moyen de transport présente l'avantage de résister efficacement aux bruits, notamment électromagnétiques, et de permettre par ailleurs des débits d'informations très élevés. Toutefois, le traitement dans les dispositifs informatiques actuels étant de type électronique, il importe de faire une conversion optoélectronique des signaux lumineux à traiter, à l'entrée et à la sortie de la fibre optique. En outre, les fibres optiques pouvant être aboutées les unes aux autres, il importe de pouvoir les connecter avec efficacité. Diverses solutions ont été imaginées pour résoudre ces problèmes de conversion et ou de connexion.

Dans certaines solutions, il a été imaginé de fabriquer des harnais. Dans ces harnais, la fibre optique ou une nappe de fibres optiques est munie à ses deux extrémités (ou au moins à une de ses extrémités), d'une manière fixe, d'un dispositif de conversion optoélectronique. Dans ce cas, la fibre optique délivre à une extrémité, ou aux deux, des signaux électriques ou électroniques alors qu'elle peut délivrer à une autre extrémité des signaux optiques. L'inconvénient présenté par ce type de solution est d'une part le coût engendré par cette intégration de moyens. D'autre part la maniabilité de la fibre en est fortement réduite. En effet, on comprend aisément que la longueur de la fibre ne peut pas être ajustée aussi facilement qu'on le voudrait, a fortiori si elle est munie de part et d'autre de circuits électroniques de conversion sertis aux bouts des fibres. Dans ce cas, il n'est pas du tout possible de la rallonger ou de la raccourcir. Il ne reste qu'à l'échanger contre un autre harnais de taille différente, mais de coût élevé lui aussi. Par ailleurs la présence du circuit électronique de conversion amène à réaliser à l'extrémité de la fibre optique un embout dont l'encombrement est gênant s'il faut enfiler la fibre dans des orifices étroits pour conduire les signaux d'un

endroit à un autre.

Par ailleurs, le mode de transmission dans les fibres optiques peut dépendre de la nature monomode ou multimode de la fibre et ou du dispositif d'injection des rayons lumineux dans la fibre. Ensuite, lors de l'injection ou de
5 l'extraction des rayons lumineux d'une fibre optique, il importe de concentrer ces rayons au maximum sur le cœur de la fibre, dont le diamètre est de l'ordre de dix micromètres pour une fibre monomode (alors qu'ils sont de l'ordre de 50 ou de 62,5 micromètres pour des fibres multimodes). En pratique, on assiste alors à une déperdition volumique, les rayons lumineux
10 se dispersant dans un cône d'ouverture large, typiquement de l'ordre de vingt degrés. Seuls les rayons lumineux situés dans un angle solide sous lequel, depuis le cœur d'une fibre optique on voit une zone sensible d'un détecteur optoélectronique, ou réciproquement, sont utilisés. Cette partition dans l'angle solide réduit la puissance injectée ou prélevée. Des pertes
15 considérables sont ainsi rencontrées lors de la conversion optoélectronique, voire lors de la connexion de plusieurs fibres optiques aboutées les unes aux autres.

Pour résoudre ces problèmes, il est connu, notamment dans le document US-A-5 168 537, de placer des lentilles focalisantes sur le trajet
20 des rayons lumineux de manière à en concentrer l'énergie sur les zones utiles : le cœur de la fibre ou la zone sensible du détecteur. La mise en place de ces lentilles focalisantes est cependant, industriellement, un inconvénient car elle nécessite des manipulations d'objets microscopiques pour lesquels, par ailleurs, la mise en place doit être rigoureuse compte tenu des tolérances
25 évoquées ci-dessus. De ce fait, les dispositifs présentés dans ce document ne sont utilisables qu'en laboratoire, pas à grande échelle.

Dans l'invention pour résoudre ce problème, on a choisi de fabriquer des férules monoblocs par surmoulage. En pratique, on utilise alors un boîtier dans lequel on trace des rainures, droites ou courbes, qu'on remplit
30 avec un matériau de surmoulage. Eventuellement, le boîtier est formé en deux demi-coques qu'on assemble autour du matériau de surmoulage. On montrera qu'on peut avec cette technique choisir, avec la forme des rainures, de former plus facilement des lentilles. Les rainures seront en V, cylindriques circulaires, demi-cylindriques circulaires, ou autres, leur direction
35 sera droite ou courbe. Les lentilles sont obtenues soit en plaçant aux

extrémités de la férule un excédent de matériau de surmoulage qui adopte naturellement une forme de lentilles ayant un pouvoir de focalisation, soit en réalisant des rainures dont le profil transversal évolue, notamment en forme de cône, aux extrémités d'un tronçon de guide optique ainsi réalisé dans le boîtier. On réalise dans ce cas à moindre frais des évasements permettant une adaptation focale, soit à la connexion entre deux fibres optiques, soit à la connexion entre une fibre optique de transport et un circuit optoélectronique de conversion.

L'invention a donc pour objet un module d'interconnexion optique comportant un boîtier muni d'au moins un tronçon optique interposé entre un port optique d'entrée du module et un port optique de sortie du module, caractérisé en ce que le tronçon optique est surmoulé dans le boîtier et forme un guide d'onde optique, en ce que le tronçon de fibre optique comporte au moins un cône en évasement augmentant à une extrémité du tronçon et formant une section de sortie optique, et en ce que le tronçon optique comporte une lentille d'extrémité.

Elle a également pour objet une férule munie d'un tel module.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit à l'examen des figures qui l'accompagnent. Celles-ci ne sont présentées qu'à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention. Les figures montrent :

- Figures 1a et 1b : des représentations en coupes longitudinales, dans deux plans perpendiculaires, du module optique de l'invention ;
- Figure 2 : une représentation en coupe d'un exemple d'une intégration d'un module selon l'invention dans une férule optoélectronique complète de conversion ;
- Figure 3 : une coupe montrant une variante de réalisation de l'intégration de la figure 2.

La figure 1a et la figure 1b montrent un module optique 1 selon l'invention. Ce module 1 comporte un boîtier 2 muni d'au moins un tronçon 3 optique, de fibre optique dans un exemple, plus généralement de guide d'ondes lumineuses. Le guide d'ondes 3 est interposé entre un port optique d'entrée 4 et un port optique de sortie 5 du module. Sur la figure 1b, on constate que plusieurs tronçons optiques tels que 3 et 6 à 8 sont rangés côte à côte, de préférence parallèlement les uns aux autres, dans le boîtier 2. Globalement le boîtier a une forme parallélépipédique.

Selon une caractéristique principale de l'invention, le boîtier 2 est formé d'une base en au moins un premier matériau 9 (figure 1a) dans laquelle sont surmoulés les tronçons 3 ou 6 à 8 de guide d'ondes. Les tronçons de guide d'ondes sont en un autre matériau. En pratique, le matériau 9 de la base pourra être de préférence une matière plastique de structure amorphe, par exemple en une même matière (COC, cyclo-oléfine-copolymère) que le matériau constituant des tronçons de guide d'ondes. Au moins le matériau 10 sera transparent aux rayons lumineux. De préférence, le matériau 9 le sera également et possédera un indice de réfraction, n_2 , inférieur à un indice de réfraction n_1 du matériau 10 formant les guides d'ondes. En agissant ainsi, on assure une bonne adéquation de l'opération de surmoulage (les matériaux ayant des mêmes propriétés mécaniques), tout en s'assurant du caractère de guide d'ondes des tronçons 3 ou 6 à 8 réalisés en matériau 10. En variante, on pourrait prévoir que le matériau 9 de la base soit une céramique et que le matériau 10 des guides d'ondes 3 ou 6 à 8 soit du verre fondu.

La solution de surmoulage ainsi présentée permet par ailleurs, par des techniques de micro-sculpture, d'imposer pour le guide d'ondes 3, ou pour les tronçons 6 à 8, un ensemble de formes particulièrement intéressantes. Les techniques de micro-structuration peuvent être des techniques d'estampage, ou d'embossage à chaud, ou bien être des techniques de photolithographie avec gravure chimique, ou encore des techniques de gravure par laser. Le but est de réaliser des rainures aptes à recevoir le matériau 10 de surmoulage. Le matériau de surmoulage lui-même peut être mis en place par des techniques de micro-injection, le conduit réalisé dans le matériau 9 possédant une entrée et une sortie et étant ainsi propice à une injection.

En variante, le boîtier 2 en matériau 9 peut comporter un corps formé d'une base 11 et d'un couvercle 12. La base et le couvercle peuvent être tous deux en un même matériau, par exemple transparent avec un coefficient de réfraction n_2 inférieur au coefficient de réfraction du matériau 9 guide d'ondes 3. Cependant, il serait aussi possible que le couvercle 12 soit réalisé avec un gel ayant un indice de réfraction adéquat.

Dans le cadre d'une telle solution, on réalise de préférence d'abord un socle 13 en un matériau susceptible d'accepter facilement le matériau 9 de la

base 11. Par exemple le matériau du socle 13, dans le cadre d'une réalisation plastique, sera un PBT, poly-butylène-téréphtalate, un polyimide, ou un polymère cristallin ou semi cristallin possédant une bonne tenue mécanique tel que les polymères à cristaux liquides (LCP). Ces matériaux
5 présentent par ailleurs l'avantage de supporter un traitement en haute température, dont on verra la justification plus loin. Eventuellement dans ce cas, le couvercle 12 peut lui-même être monté dans un chapeau 14 ayant une même fonction et une même nature que le socle 13 vis à vis de la base 11. Notamment, le socle 13 sera muni de reliefs tels que 15, à bords francs,
10 en forme de rainures ou de plots, permettant un accrochage efficace et industriellement durable du matériau 9 de la base 11 sur ce socle 13. On agira de même dans le cas échéant pour le couvercle 13 vis à vis du chapeau 14.

La base 11 est ainsi surmoulée sur le socle 13. Après ce surmoulage
15 préféré, cette base 11 est polymérisée puis sculptée, par gravure ou autrement, pour y réaliser des conduits, notamment sous forme de rainures destinées à servir par la suite de guide d'ondes de lumière. Ces conduits sculptés sont ensuite remplis à leur tour d'un matériau 10 de surmoulage destiné à former des guides d'ondes lumineux 3. Puis le couvercle 12 est mis
20 en place et le matériau 10 est polymérisé de manière à le rigidifier. Eventuellement, la polymérisation est préalable à la mise en place du couvercle 12, la surface de l'ensemble ainsi réalisé pouvant par ailleurs être rectifiée avant la mise en place de ce couvercle 12. Dans ce cas, ce dernier n'est pas nécessairement lui-même muni de rainures.

25 Selon un perfectionnement particulièrement intéressant de l'invention, les tronçons de fibre optique 3 sont munis, de préférence dans le port d'entrée 4 et dans le port de sortie 5, mais au moins dans l'un de ceux-ci, de cônes d'évasement tels que 16 et 17 respectivement. Ils sont mêmes de préférence surmontés de lentilles telles que 18 et 19. Il est possible par
30 ailleurs de réaliser les tronçons sans évasement, mais avec les lentilles, de même qu'il est possible de réaliser les tronçons avec les évasements mais sans les lentilles. Les évasements ont un effet d'amélioration du transfert optique. Les lentilles 18 et 19 ont un effet de focalisation ou de collimation qui sera expliqué plus loin. De préférence, les lentilles sont obtenues par la
35 mise en place d'un moule 20 de surmoulage au moment où les guides

d'ondes 3 sont surmoulés.

De préférence les lentilles sont ainsi réalisées en un même matériau que le matériau 10 des guides d'ondes 3, et en même temps que ces guides d'ondes 3. Les évasements 16 et 17 sont tels que le tronçon de guide d'ondes 3, de fibre d'optique, possède sur la longueur du boîtier un diamètre plus faible, ou une section plus faible, que le diamètre ou la section en entrée du port d'entrée 4 ou en sortie du port de sortie 5. La forme de la section du guide d'ondes dans la partie longitudinale peut être circulaire, ou polygonale, de préférence carrée ou rectangulaire dans ce cas. La longueur de chacun des évasements 16 et 17 est de l'ordre du dixième de la longueur des tronçons 3.

Sur la figure 2, on montre que le boîtier 2 est plus complet, notamment que le port d'entrée 4 comporte un réceptacle 21 pour recevoir un embout 22 normalisé monté sur une nappe 23 de fibres optiques 24 à 27. Il forme une férule munie du module des figures 1a et 1b. Le nombre des fibres optiques dans la nappe 23 est bien entendu de préférence le même que celui des tronçons de fibre optique dans la férule. Les extrémités émettrices ou réceptrices telles que 28 des fibres optiques de la nappe 23 voient alors, selon l'invention, chacune respectivement un champ 29 formé par une face d'entrée de lentille telle que 18. Ce champ 29 est plus grand que ces extrémités 28. En conséquence, le transfert énergétique vers ou depuis le tronçon 3 de fibre est bien plus efficace.

A l'autre extrémité, le boîtier 2 de la férule 1 comporte le port de sortie 5 muni également des lentilles 19. Ces lentilles sont ici placées en regard de circuits intégrés 30 de détection ou d'émission de rayons lumineux. Ces circuits intégrés 30, individualisés et en nombre égal au nombre des tronçons 3, sont eux-mêmes placés sur un circuit intégré 31 de pilotage.

Selon une caractéristique de ce montage, les circuits intégrés 30 sont placés très rigoureusement sur le circuit de pilotage 31 par un montage par refusions de billes de soudure, des tensions superficielles apparaissant dans ces billes de soudure au moment de la soudure et permettant une mise en place parfaite (avec une tolérance inférieure à un micromètre) de ces circuits intégrés 30 à des endroits choisis de ce circuit intégré 31. Le circuit de pilotage 31 est lui-même monté sur le boîtier 2 par des refusions de billes de soudure 32 permettant une mise en place précise de plages de connexion 33

du circuit 31 par rapport à des plages métallisées 34 formés sur le boîtier 2. Notamment, le socle 13 ou le chapeau 14 qui sont réalisés en des matériaux qui supportent des très hautes températures permettent ces refusions. Ainsi, on obtient que la fêrûle 1 assure à moindre frais la connexion
5 optoélectronique entre les circuits 30 et 31 et la nappe 23 de fibres optiques.

Des pistes électriques permettant de relier électriquement le circuit 31 et les circuits 30 à un circuit imprimé principal, par l'intermédiaire des billes de soudures 32, comportent des plots tels que 35 (figure 3) situés sous une face du boîtier, notamment sous la face inférieure du socle 13.

10 La figure 3 montre une variante de réalisation de la fêrûle de la figure 2. Dans la figure 3, le socle 13 possède un pied droit 36 d'extrémité opposée au port d'entrée 4, de grande hauteur, s'élevant en direction d'un couvercle, non représenté, de la fêrûle. La figure 3 est présenté selon un plan perpendiculaire au plan de la figure 2. Dans cette figure 3, la nappe 23 est
15 vue par le chant. Les tronçons 3 y possèdent la particularité de disposer d'un coude 37 permettant de faire en sorte que le port de sortie 5 ne soit pas dans un alignement rectiligne du port d'entrée 4 le long du tronçon 3.

Un tel coude 37 joue le même rôle qu'un miroir de l'état de la technique cité, mais à moindre frais. Avec un tel coude 37 le circuit 30, et le
20 circuit 31, peuvent se retrouver dans un plan d'un circuit imprimé, non représenté, qui porte la fêrûle 1 (ou dans un plan parallèle). Dans le premier cas, non représenté, le coude 37 serait orienté vers le plan des plots 35. Le socle 13 pourrait être percé a leur endroit pour laisser déboucher le matériau 9 de la base 11 et le matériau 10 des guides 3.

25 Dans le cas de ces coudes 37, la réalisation par surmoulage peut comporter la réalisation de plusieurs tranches verticales dans lesquelles sont réalisées des rainures, avec une extrémité en forme de crosse (munie ou non à l'extrémité de la crosse d'un évasement 17). Les différentes tranches sont ensuite accolées les unes aux autres et le matériau devant constituer
30 les tronçons 3 est injecté dans les galeries ainsi formées par assemblage de tranches les unes contre les autres. En variante, les tranches sont munies d'une rainure que d'un seul côté, celles-ci sont remplies, à plat par surmoulage du matériau 10. Puis les tranches sont assemblées les unes contres les autres, après éventuelle rectification. Cette réalisation permet de
35 présenter alors le circuit intégré 31 (muni de ses circuits intégrés d'émission

ou de détection 30) parallèlement à un plan d'un circuit imprimé général sur lequel est disposée la férule 1. Dans ce but des connexions métallisées 38 issues de métallisations 34 réalisées dans le boîtier 2 conduisent le long du pied droit 36, jusqu'aux plots 35. Les métallisations des plots 35 permettent
5 la connexion électrique du circuit 31 à un circuit imprimé de réception ainsi que le maintien par soudure de la férule 1 sur ce circuit imprimé de réception.

Il serait possible par ailleurs de former les lentilles 18 ou 19 en un matériau d'indice de réfraction différent du matériau utilisé pour former les tronçons 3 et les évasements 16 et 17. Cependant de préférence on utilisera
10 un même matériau, pour des raisons de simplification de fabrication.

REVENDICATIONS

1 – Module d'interconnexion optique (1) comportant un boîtier (2) muni d'au moins un tronçon (3) optique interposé entre un port optique d'entrée (4) du module et un port optique de sortie (5) du module, caractérisé en ce que le tronçon optique est surmoulé dans le boîtier et forme un guide d'onde optique, en ce que le tronçon de fibre optique comporte au moins un cône (16, 17) en évasement augmentant à une extrémité du tronçon et formant une section de sortie optique, et en ce que le tronçon optique comporte une lentille d'extrémité (18, 19).

2 - Module selon la revendication 1, caractérisé en ce que la lentille est formée par surmoulage (20).

3 - Module selon l'une des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que le boîtier est en un matériau (9) qui possède un indice de réfraction optique (n_2) inférieur à un indice de réfraction optique (n_1) d'un matériau (10) surmoulé formant le tronçon optique.

4 - Module selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la lentille est en un même matériau que celui du tronçon optique.

5 - Module selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le boîtier comporte un matériau polymère possédant une bonne tenue thermique, tel que par exemple un LCP, ou un polyimide.

6 - Module selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le boîtier est métallisé (38).

7 - Module selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le boîtier comporte un socle (13) avec des rainures d'accrochage.

8 - Module selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le tronçon optique surmoulé est courbe (37) pour déboucher dans un plan.

9 - Férule optique comportant un module selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que le port optique d'entrée comporte un réceptacle (21, 22) normalisé.

10 - Férule optique comportant un module selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisée en ce qu'elle comporte un circuit intégré électronique (30) de détection ou d'émission de rayons lumineux, le circuit intégré étant monté par refusions (32) de billes de soudure sur le boîtier.

Fig. 1a

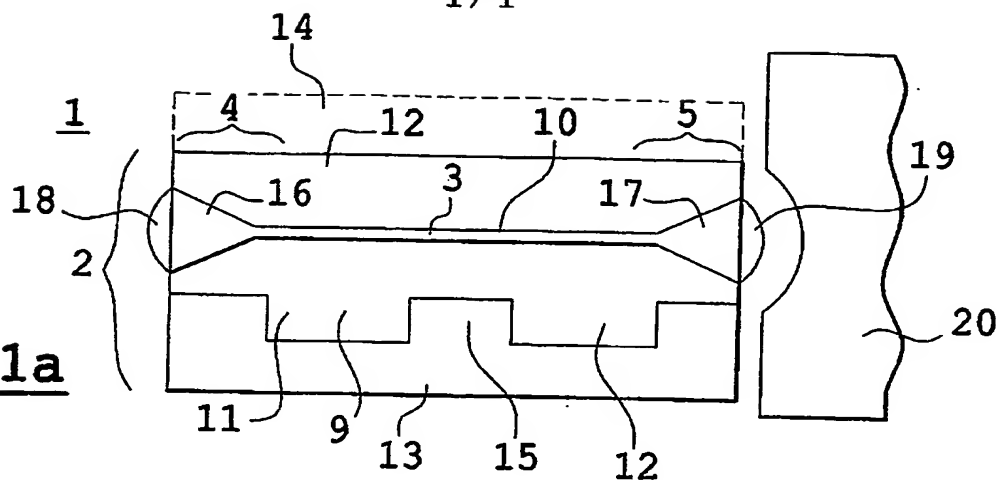


Fig. 1b

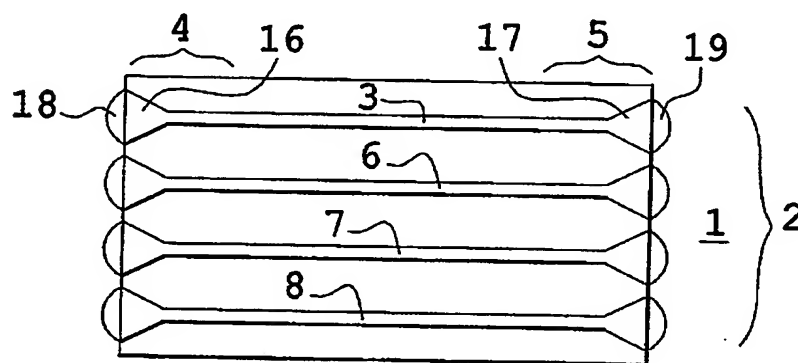


Fig. 2

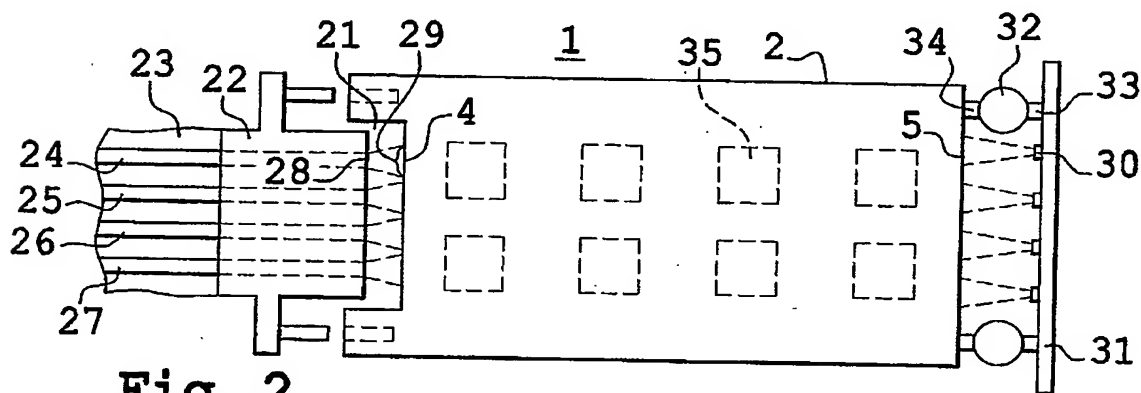


Fig. 3

